

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-228003

(43)Date of publication of application : 15.08.2000

(51)Int.Cl.

G11B 5/39

(21)Application number : 11-030169

(71)Applicant : TDK CORP

(22)Date of filing : 08.02.1999

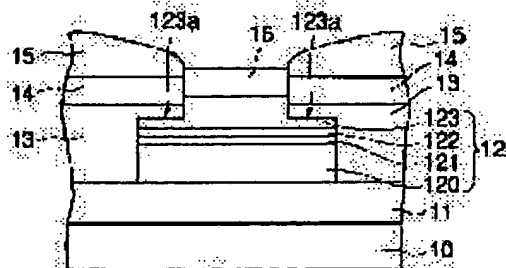
(72)Inventor : SHIMAZAWA KOJI
TSUCHIYA YOSHIHIRO
ARAKI SATORU

(54) MAGNETO-RESISTIVE SENSOR AND PRODUCTION OF THIS SENSOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To impart a good exchange bond between a free layer and a second antiferromagnetic material by executing a stage for removing both ends of the free layer down to a prescribed depth prior to a heat treatment for magnetization direction control of a first antiferromagnetic material of a magneto-resistive(MR) laminate when forming a second antiferromagnetic material for exchange bonding for generating a longitudinal bias for controlling the magnetic domain of the free layer.

SOLUTION: A lower shielding layer 10 and a lower insulating layer 11 are formed on a substrate. A spin valve MR laminate 12 consisting of a first antiferromagnetic material layer 120, a first ferromagnetic material layer (pinned layer) 121, a nonmagnetic metallic layer 122 and a second ferromagnetic material layer (free layer) 123 and a cap layer 16 are deposited on the lower insulating layer 11. Both ends of the cap layer 16 are completely removed by dry etching and both ends 123a of the free layer 123 are removed down to the prescribed depth. A third ferromagnetic material layer 13, a second antiferromagnetic material layer 14 and a lead layer 15 are formed and thereafter, the regulation heat treatment of the first and second antiferromagnetic material layers 120 and 14 is carried out.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2000-228003
(P2000-228003A)

(43) 公開日 平成12年8月15日 (2000.8.15)

(51) Int.Cl.
G 1 1 B 5/39

識別記号

F I
G 1 1 B 5/39

テームコード* (参考)
5 D 0 3 4

審査請求 未請求 請求項の数12 O L (全 26 頁)

(21) 出願番号 特願平11-30169

(22) 出願日 平成11年2月8日 (1999.2.8)

(71) 出願人 000003067

ティーディーケー株式会社
東京都中央区日本橋1丁目13番1号

(72) 発明者 島沢 幸司

東京都中央区日本橋1丁目13番1号ティー
ディーケー株式会社内

(72) 発明者 土屋 芳弘

東京都中央区日本橋1丁目13番1号ティー
ディーケー株式会社内

(74) 代理人 100074930

弁理士 山本 恵一

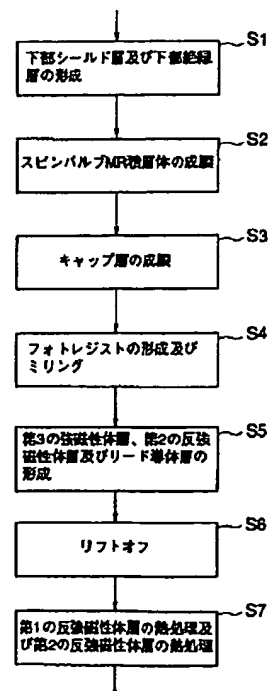
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 磁気抵抗効果センサ及び該センサの製造方法

(57) 【要約】

【課題】 フリー層と縦バイアス磁界用の強磁性体層及び反強磁性体層との間で良好な交換結合を発生させることができるMRセンサ及び該MRセンサの製造方法を提供する。

【解決手段】 第1の反強磁性体層、第1の反強磁性体層との交換結合によりバイアス磁界が印加される第1の強磁性体層（ヒンド層）、及び第1の強磁性体層上に非磁性体層を介して積層され、印可される信号磁界に応答して磁化方向が変化する第2の強磁性体層（フリー層）を有するMR積層体を形成するステップと、形成したMR積層体上に保護層を積層するステップと、保護層の少なくとも一部を除去すると共にフリー層の両端部を所定深さまで除去するステップと、フリー層の少なくとも両端部上にこのフリー層の磁区を制御するための交換結合用の第2の反強磁性体層を形成するステップとを備えており、上述の除去するステップを、第1の反強磁性体層の磁化方向制御用の熱処理前に行う。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 第1の反強磁性体層、該第1の反強磁性体層との交換結合によりバイアス磁界が印加される第1の強磁性体層、及び該第1の強磁性体層上に非磁性体層を介して積層され、印可される信号磁界にตอบสนองして磁化方向が変化する第2の強磁性体層を有する磁気抵抗効果積層体を形成するステップと、該形成した磁気抵抗効果積層体上に保護層を積層するステップと、該保護層の少なくとも一部を除去すると共に前記第2の強磁性体層の両端部を所定深さまで除去するステップと、該第2の強磁性体層の少なくとも該両端部上に当該第2の強磁性体層の磁区を制御するための交換結合用の第2の反強磁性体層を形成するステップとを備えており、前記除去するステップを、前記第1の反強磁性体層の磁化方向制御用の熱処理前に行うことを特徴とする磁気抵抗効果センサの製造方法。

【請求項2】 前記除去するステップが、前記第2の強磁性体層中に拡散した前記保護層材料の元素により交換結合が阻害されない深さまで当該第2の強磁性体層を除去するものであることを特徴とする請求項1に記載の製造方法。

【請求項3】 前記保護層を、単層膜で形成することを特徴とする請求項1又は2に記載の製造方法。

【請求項4】 前記保護層を、Cu、Al、Rh、Ru、Pt、RuRhMn、PtMn、PtMnRh及びTiWから選ばれた1つの単層膜で形成することを特徴とする請求項3に記載の製造方法。

【請求項5】 前記保護層を、多層膜で形成することを特徴とする請求項1又は2に記載の製造方法。

【請求項6】 前記保護層を、Ta/PtMn、Ta/Cu、Ta/Al、Ta/Ru、TiW/Cu、TiW/Rh及びTiW/Ruから選ばれた1つの2層膜で形成することを特徴とする請求項5に記載の製造方法。

【請求項7】 前記磁気抵抗効果積層体が、スピンバルブ磁気抵抗効果積層体であることを特徴とする請求項1から6のいずれか1項に記載の製造方法。

【請求項8】 前記磁気抵抗効果積層体が、スピントネル磁気抵抗効果積層体であることを特徴とする請求項1から6のいずれか1項に記載の製造方法。

【請求項9】 第1の反強磁性体層、該第1の反強磁性体層との交換結合によりバイアス磁界が印加される第1の強磁性体層、及び該第1の強磁性体層上に非磁性体層を介して積層されており、印可される信号磁界にตอบสนองして磁化方向が変化する第2の強磁性体層を有する磁気抵抗効果積層体と、該磁気抵抗効果積層体の前記第2の強磁性体層の両端部上に積層されており、当該第2の強磁性体層の磁区を制御するための交換結合用の第2の反強磁性体層と、前記磁気抵抗効果積層体上に積層された保護層とを備えており、前記保護層が、Cu、Al、Rh、Ru、Pt、RuRhMn、PtMn、PtMnRh

h及びTiWから選ばれた1つの単層膜で形成されていることを特徴とする磁気抵抗効果センサ。

【請求項10】 第1の反強磁性体層、該第1の反強磁性体層との交換結合によりバイアス磁界が印加される第1の強磁性体層、及び該第1の強磁性体層上に非磁性体層を介して積層されており、印可される信号磁界にตอบสนองして磁化方向が変化する第2の強磁性体層を有する磁気抵抗効果積層体と、該磁気抵抗効果積層体の前記第2の強磁性体層の両端部上に積層されており、当該第2の強磁性体層の磁区を制御するための交換結合用の第2の反強磁性体層と、前記磁気抵抗効果積層体上に積層された保護層とを備えており、前記保護層が、Ta/PtMn、Ta/Cu、Ta/Al、Ta/Ru、TiW/Cu、TiW/Rh及びTiW/Ruから選ばれた1つの2層膜で形成されていることを特徴とする磁気抵抗効果センサ。

【請求項11】 前記磁気抵抗効果積層体が、スピンバルブ磁気抵抗効果積層体であることを特徴とする請求項9又は10に記載のセンサ。

【請求項12】 前記磁気抵抗効果積層体が、スピントネル磁気抵抗効果積層体であることを特徴とする請求項9又は10に記載のセンサ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、スピンバルブ効果等の巨大磁気抵抗効果（GMR）又はスピントネル磁気抵抗効果（TMR）を利用した磁気抵抗効果（MR）センサ及びこのMRセンサの製造方法に関する。この種のMRセンサは、種々の磁気検出に用いられるが、その代表的な例として、例えばハードディスク装置（HDD）等の磁気記録再生装置用の磁気ヘッドに用いられる。

【0002】

【従来の技術】近年、HDDの高密度化に伴って高感度及び高出力の磁気ヘッドが要求されており、このような要求に答えるものとして、GMRを呈するセンサの1つであるスピンバルブを利用したMRセンサを備えた薄膜磁気ヘッドが提案されている（特公平8-211666号公報、特開平6-236527号公報）。

【0003】スピンバルブは、2つの強磁性体層を非磁性金属層で磁気的に分離してサンドイッチ構造とし、その一方の強磁性体層に反強磁性体層を積層することによってその界面で生じる交換バイアス磁界をこの一方の強磁性体層（ピン（pinned）層）に印加するようにしたものである。交換バイアス磁界を受けるピン層と受けない他方の強磁性体層（フリー（free）層）とは磁化反転する磁界が異なるので、非磁性金属層を挟むこれら2つの強磁性体層の磁化の向きが平行、反平行と変化し、これにより電気抵抗率が大きく変化するのでGMRが得られる。

【0004】スピンバルブMRセンサの出力特性等は、非磁性金属層を挟むこれら2つの強磁性体層（ビンド層及びフリー層）の磁化のなす角度によって定まる。フリー層の磁化方向は磁気記録媒体からの漏洩磁界の方向に容易に向く。一方、ビンド層の磁化方向は反強磁性体層との交換結合により一方向（ピンニングされる方向、ビンド方向）に制御される。

【0005】スピンバルブMRセンサ動作時において、フリー層は、磁壁の移動がない状態で磁化変化の必要がある。これは、磁壁移動を伴う磁化変化は、磁壁移動を伴わない磁化変化に比べて応答が遅く、不可逆であることからバルクハウゼンノイズと呼ばれるノイズ成分になってしまうからである。このため、ハードマグネットによってフリー層にバイアス磁界（縦バイアス磁界）を印加し、磁壁移動を抑制することが一般的に行われている。

【0006】しかしながら、センサを高温状態で使用すると、フリー層への縦バイアス磁界の影響でビンド方向の変動や、フリー層自身の磁気特性の変動が発生し、その結果、出力の劣化が発生するという問題がある。このため、縦バイアス磁界は、磁区制御に要する必要最小限の値に抑える必要がある。

【0007】そこで、フリー層と、新たな強磁性体層を介した反強磁性体層による縦バイアス磁界により磁区構造を安定化し、センサ動作時における磁壁移動を抑制する方法が提案されている（特開平8-45032号公報）。反強磁性体層によって縦バイアス磁界を発生させるこの方法によれば、フリー層の端部のみにバイアス磁界を印加することが可能なので、ハードマグネットバイアス方式に較べて積層体全体に印加される磁界が小さくなる。その結果、センサの高温状態での使用時における出力劣化が小さくなる。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】縦バイアス磁界印加用の第2の反強磁性体層を有するこの種のスピンバルブMRセンサにおいては、特に、基板上に第1の反強磁性体層、ビンド層、非磁性金属層及びフリー層をこの順序で積層してスピンバルブ積層体を形成し、さらにその上に、保護層を積層した後、フリー層の両端部を露出させてその上に強磁性体層を介して縦バイアス磁界印加用の第2の反強磁性体層を設けたスピンバルブMRセンサにおいては、フリー層の両端部をミリング等により露出させるべくミリングする際に、保護層を構成する材料の元素がフリー層中に拡散してしまい、縦バイアス磁界のための交換結合がその界面で阻害される恐れがある。

【0009】縦バイアス磁界のための交換結合を良好にするために、MR素子の表面をクリーニングする技術は公知である。例えば、特開平7-210834号公報、特開平7-244821号公報には、MR素子を所定の形状にパターニングした後、縦バイアス磁界用の反強磁

性体層を形成する際に、磁気的な結合を取るためにMR素子の表面に生じる酸化皮膜を除去することが開示されている。

【0010】しかしながら、これら技術のいずれも、スピンバルブMRセンサ等のGMRセンサに関するものではなく、また、フリー層中への他の層の元素の拡散による障害を解決するものではない。しかも、表面のクリーニングを製造工程中のどの時点で行うかの明確な開示も無い。

【0011】本発明の目的は、フリー層と縦バイアス磁界用の強磁性体層及び反強磁性体層との間で良好な交換結合を発生させることができるMRセンサ及び該MRセンサの製造方法を提供することにある。

【0012】

【課題を解決するための手段】本発明によれば、第1の反強磁性体層、第1の反強磁性体層との交換結合によりバイアス磁界が印加される第1の強磁性体層（ビンド層）、及び第1の強磁性体層上に非磁性体層を介して積層され、印可される信号磁界に応答して磁化方向が変化する第2の強磁性体層（フリー層）を有するMR積層体を形成するステップと、形成したMR積層体上に保護層を積層するステップと、保護層の少なくとも一部を除去すると共にフリー層の両端部を所定深さまで除去するステップと、フリー層の少なくとも両端部にこのフリー層の磁区を制御するための交換結合用の第2の反強磁性体層を形成するステップとを備えており、上述の除去するステップを、第1の反強磁性体層の磁化方向制御用の熱処理前に行うMRセンサの製造方法が提供される。

【0013】フリー層の磁区を制御する縦バイアスを発生させるための交換結合用の第2の反強磁性体層を形成する際に、フリー層の両端部を所定深さまで除去するようにしており、しかも、その除去する工程をMR積層体の第1の反強磁性体層の磁化方向制御用の熱処理前に行っている。フリー層の両端部を所定深さまで除去することにより、保護層を除去する際に生じたその保護層の成分元素がフリー層内に拡散した部分を確実に除去でき、フリー層と縦バイアス磁界用の第2の反強磁性体層との間に良好な交換結合を与えることができる。

【0014】また、除去するステップを、第1の反強磁性体層の磁化方向制御用の熱処理前に行うことにより、熱処理による拡散の進行を抑制できるから保護層の成分元素がフリー層内に拡散する度合を最小限に抑えることができ、フリー層をさほど深くまで除去しないで良いこととなる。これは、フリー層の膜厚が今後ますます薄くなることとあいまって、製造工程を著しく容易にする。従って、フリー層と縦バイアス磁界用の反強磁性体層との間に良好な交換結合を容易にかつ確実に与えることができる。

【0015】なお、フリー層を所定深さまで除去する場合の所定深さとは、フリー層中に拡散した保護層材料の

元素により交換結合が阻害されない程度となる深さであることが好ましい。

【0016】保護層を、単層膜で形成することも好ましい。この場合、保護層を、Cu、Al、Rh、Ru、Pt、RuRhMn、PtMn、PtMnRh及びTiWから選ばれた1つの単層膜で形成することがより好ましい。

【0017】保護層を、このような材料の単層膜で構成すると、従来のごとくTaの単層膜で構成していた場合に比して、イオンミリングによって保護層の成分元素がフリー層内に拡散する度合を著しく小さくできるので、フリー層をさほど深くまでミリング除去しないで良いことにつながり、ミリング後のフリー層の厚みが大きく取れることを意味している。従って、フリー層の膜厚が今後ますます薄くなっても、製造工程が非常に容易となる。その結果、フリー層と縦バイアス磁界用の第2の反強磁性体層との間に良好な交換結合を容易にかつ確実に与えることができる。

【0018】保護層を、多層膜で形成することも好ましい。この場合、保護層を、Ta/PtMn、Ta/Cu、Ta/Al、Ta/Ru、TiW/Cu、TiW/Rh及びTiW/Ruから選ばれた1つの2層膜で形成することがより好ましい。

【0019】保護層を、このような材料の2層膜で構成すると、従来のごとくTaの単層膜で構成していた場合に比して、イオンミリングによって保護層の成分元素がフリー層内に拡散する度合を著しく小さくできるので、フリー層をさほど深くまでミリング除去しないで良いことにつながり、ミリング後のフリー層の厚みが大きく取れることを意味している。従って、フリー層の膜厚が今後ますます薄くなっても、製造工程が非常に容易となる。その結果、フリー層と縦バイアス磁界用の第2の反強磁性体層との間に良好な交換結合を容易にかつ確実に与えることができる。

【0020】MR積層体が、スピンバルブMR積層体又はスピントネルMR積層体であることが好ましい。

【0021】本発明によれば、さらに、第1の反強磁性体層、第1の反強磁性体層との交換結合によりバイアス磁界が印加される第1の強磁性体層（ピンド層）、及び第1の強磁性体層上に非磁性体層を介して積層されており、印可される信号磁界に応答して磁化方向が変化する第2の強磁性体層（フリー層）を有するMR積層体と、MR積層体のフリー層の両端部に積層されており、このフリー層の磁区を制御するための交換結合用の第2の反強磁性体層と、MR積層体上に積層された保護層とを備えており、保護層が、Cu、Al、Rh、Ru、Pt、RuRhMn、PtMn、PtMnRh及びTiWから選ばれた1つの単層膜で形成されているか、又はTa/PtMn、Ta/Cu、Ta/Al、Ta/Ru、TiW/Cu、TiW/Rh及びTiW/Ruから選ば

れた1つの2層膜で形成されているMRセンサが提供される。

【0022】保護層を、このような材料の単層膜又は2層膜で構成すると、従来のごとくTaの単層膜で構成していた場合に比して、イオンミリングによって保護層の成分元素がフリー層内に拡散する度合を著しく小さくできるので、フリー層をさほど深くまでミリング除去しないで良いことにつながり、ミリング後のフリー層の厚みが大きく取れることを意味している。従って、フリー層の膜厚が今後ますます薄くなっても、製造工程が非常に容易となる。その結果、フリー層と縦バイアス磁界用の第2の反強磁性体層との間に良好な交換結合を容易にかつ確実に与えることができる。

【0023】MR積層体が、スピンバルブMR積層体、又はスピントネルMR積層体であることが好ましい。

【0024】

【発明の実施の形態】図1は本発明の一実施形態として、薄膜磁気ヘッドのスピンバルブMRセンサ部分の層構成を概略的に示す断面図であり、磁気ヘッドの浮上面（ABS）方向から見た断面を表している。

【0025】同図において、10は図示しない基板上に下地膜を介して形成されている下部シールド層、11はその上に積層されている下部絶縁層、12は下部絶縁層11上に積層されているスピンバルブMR積層体をそれぞれ示している。

【0026】スピンバルブMR積層体12は、下方から第1の反強磁性体層120と、第1の反強磁性体層との交換結合によりバイアス磁界が印加される第1の強磁性体層（ピンド層）121と、ピンド層121上に積層された非磁性金属層122と、非磁性金属層122上に積層されており、印可される信号磁界に応答して磁化方向が変化する第2の強磁性体層（フリー層）123とから構成されている。

【0027】同図において、さらに、13及び14はスピンバルブMR積層体12のフリー層123のトラック幅方向の両端部123aの表面に密着積層されており、このフリー層123の磁区を制御するための第3の強磁性体層及び交換結合用の第2の反強磁性体層、15は第2の反強磁性体層14上に積層されたリード導体層、16はスピンバルブMR積層体12上に積層された保護層（キャップ層）をそれぞれ示している。

【0028】本実施形態においては、下地膜としてTa（5nm）、第1の反強磁性体層120としてPtMn（20nm）、ピンド層121としてCo（2nm）、非磁性金属層122としてCu（2.5nm）、フリー層123としてCo（1nm）及びNiFe（8nm）、第3の強磁性体層13としてNiFe（25nm）、及び第2の反強磁性体層14としてRuRhMn（10nm）が使用されている。さらに、キャップ層16としては、Cu、Al、Rh、Ru、Pt、RuRh

Mn、PtMn、PtMnRh及びTiWから選ばれた1つの材料による単層膜(5nm)、又はTa/PtMn、Ta/Cu、Ta/Al、Ta/Ru、TiW/Cu、TiW/Rh及びTiW/Ruから選ばれた1つの2層膜(2.5nm/2.5nm)等が用いられる。なお、本明細書中において、元素間の「/」なる表示は、両元素が上下に積層されていることを表している。例えば「Ta/PtMn」なる記載は、Ta層とPtMn層とがTa層が上になるように積層されていることを表している。従って、上述の全ての2層膜において、Ta又はTiWが上側の層(フリー層に接触しない側の層)となっている。

【0029】反強磁性体材料として、Pt47~52at%、Mn48~53at%なる組成(最も好ましくはPt48at%、Mn52at%なる組成)のPtMn、Pt33~52at%、Mn45~57at%、Rh0~17at%なる組成(最も好ましくはPt40at%、Mn51at%、Rh9at%なる組成)のPtMnRh、又はRu0~20at%、Rh0~20at%、Mn75~85at%なる組成(最も好ましくはRu3at%、Rh15at%、Mn82at%なる組成)のRuRhMnを用いることにより、この材料によるターゲットを第1の反強磁性体層120及び第2の反強磁性体層14の両方の共用することができる。これらの組成は、種々の文献や特許公報等により既に公知である「厚膜領域」で強磁性体と大きな交換結合が得られる組成領域である。

【0030】図2は図1の実施形態におけるスピナバルブMRセンサの製造工程を説明するフローチャートであり、図3はその各製造工程における層構成を示す断面図である。

【0031】図2のステップS1及び図3の(A)に示すように、図示しない基板上に下地膜を介して下部シールド層10及び下部絶縁層11を形成する。

【0032】次いで、図2のステップS2及び図3の(B)に示すように、下部絶縁層11上に、第1の反強磁性体層120、ビンド層121、非磁性金属層122及びフリー層123からなるスピナバルブMR積層体12を成膜する。

【0033】その後、図2のステップS3及び図3の(C)に示すように、スピナバルブMR積層体12上にキャップ層16を成膜する。

【0034】従来はこの時点で第1の反強磁性体層120の規則化熱処理を行っていたが、本発明では、この熱処理を行うことなく、図2のステップS4及び図3の(D)に示すように、フリー層123の両端部123aに対応する部分が開口しているフォトレジストパターン17を形成した後、イオンミリング等のドライエッチングを行ってキャップ層16の両端部を全て除去すると共にフリー層123の両端部123aを所定の深さまで除

去する。この場合の所定深さとは、イオンミリングによりフリー層123中に拡散した保護層16の材料の元素が交換結合を阻害しない程度となる深さである。

【0035】次いで、図2のステップS5及び図3の(E)に示すように、フリー層123の両端部123aの所定深さまでミリングされて露出している表面に密着するように、第3の強磁性体層13、第2の反強磁性体層14及びリード導体層15をそれぞれ積層形成する。

【0036】次いで、図2のステップS6及び図3の(F)に示すように、リフトオフ処理を行って、フォトレジストパターン17と、その上に積層されている第3の強磁性体層13、第2の反強磁性体層14及びリード導体層15とを除去する。

【0037】その後、図2のステップS7に示すように、スピナバルブMR積層体12の第1の反強磁性体層120の規則化熱処理を行うと共に、第2の反強磁性体層14の規則化熱処理を行う。

【0038】このように、本実施形態によれば、フリー層123の磁区を制御する縦バイアスを発生するための交換結合用の第2の反強磁性体層14を形成する前に、フリー層123の両端部を所定深さまで除去している。その結果、保護層16を除去する際に生じたその保護層16の成分元素の拡散した部分を確実に除去でき、フリー層123と縦バイアス磁界用の第3の強磁性体層13及び第2の反強磁性体層14との間に良好な交換結合を与えることができる。

【0039】しかも、その除去する工程をスピナバルブMR積層体12の第1の反強磁性体層120の磁化方向制御用の規則化熱処理を行う前に行っているため、熱処理による拡散の進行を抑制できるから保護層16の成分元素がフリー層123内に拡散する割合を最小限に抑えることができる。これは、フリー層123をさほど深くまでミリング除去しないで良いこととつながり、ミリング後のフリー層123の厚みが大きく取れることを意味している。その結果、フリー層123の膜厚が今後ますます薄くなっても、製造工程が非常に容易となる。従って、フリー層123と縦バイアス磁界用の第3の強磁性体層13及び第2の反強磁性体層14との間に良好な交換結合を容易にかつ確実に与えることができる。

【0040】さらに、キャップ層16の材料として、Cu、Al、Rh、Ru、Pt、RuRhMn、PtMn、PtMnRh及びTiWから選ばれた1つの材料による単層膜、又はTa/PtMn、Ta/Cu、Ta/Al、Ta/Ru、TiW/Cu、TiW/Rh及びTiW/Ruから選ばれた1つの2層膜を用いることにより、イオンミリングによってその成分元素がフリー層123内に拡散する割合を著しく小さくできるので、フリー層123をさほど深くまでミリング除去しないで良いこととつながり、ミリング後のフリー層123の厚みが大きく取れることを意味している。従って、フリー層

123の膜厚が今後ますます薄くなっても、製造工程が非常に容易となる。その結果、フリー層123と縦バイアス磁界用の第3の強磁性体層13及び第2の反強磁性体層14との間に良好な交換結合を容易にかつ確実に与えることができる。

【0041】

【実施例】以下、キャップ層16の材料の異なる種々のスピンバルブMRセンサについて、フリー層123のミリング深さを変えた場合のサンプルを作成し、交換結合

による縦バイアス磁界を測定した結果を説明する。

【0042】本実施形態のように縦バイアス磁界印加用の第2の反強磁性体層を有するこの種のスピンバルブMRセンサにおいて、交換結合による縦バイアス磁界の大きさとバルクハウゼンノイズの発生率（バルクハウゼンノイズの発生数／測定数）との関係を実際に調べると、表1のごとくなる。

【0043】

【表1】

交換結合バイアス磁界 (Oe)	バルクハウゼンノイズ発生率
0	78/100
10	26/100
20	17/100
30	5/100
40	4/100
50	4/100

【0044】交換結合バイアス磁界の大きさは、図4に示すように、ウエハ内にあるトラック幅6 μ m \times MRハイト6 μ mのサイズのスピンバルブMR積層体テストピース40に対して、スポット径3 μ mのレーザー光41を照射し、カー効果をMH-LOOP測定により評価することで求めた。スピンバルブMR積層体40の層構成は、Ta (5nm) / NiFe (8nm) / Co (1nm) / Cu (2.5nm) / Co (2nm) / PtMn (20nm) / Ta (5nm) であり、縦バイアス磁界発生部42の層構成は、NiFe (25nm) / RuRhMn (10nm) である。因みに、実素子の場合のサイズはこれとは異なり、トラック幅1.0 μ m、MRハイト1.2 μ mである。

【0045】このテストパターンの交換結合バイアス磁界が、300e以上を示したウエハから抽出したサンプルのバルクハウゼンノイズ発生率は、5%以下であり、それ以上にバイアス磁界を強くしてもバルクハウゼンノイズ発生率は変化しなかった。従って、テストパターンのバイアス磁界が300e以上になるようなミリング条件が必要となることが分かる。

【0046】以下の実施例において各サンプルは、スピンバルブMR積層体の層構成として、キャップ層 (5n

成膜直後にイオンミリング

フリー層ミリング深さ (nm)	オージェ強度比 (%)	縦バイアス磁界 (Oe)
0	42	0
1	24	0
2	16	12
3	10	23
4	5	30
5	2	32
6	0	34
7	0	35

m) / NiFe (8nm) / Co (1nm) / Cu (2.5nm) / Co (2nm) / PtMn (20nm) / Ta (5nm) であり、縦バイアス磁界発生部の層構成は、第3の強磁性体層13としてNiFe (25nm)、第2の反強磁性体層としてRuRhMn (10nm) の構成である。

【0047】実施例1

キャップ層として従来技術であるTa (5nm) の単層膜を用いた場合である。表2～表4は、フリー層であるNiFe層のミリング深さ（フリー層表面からの）と、テストピース中央部分でのバイアス磁界の大きさとの関係を示しており、表2は成膜直後にイオンミリングを行った場合、表3は250℃～5時間の熱処理を行った後にイオンミリングを行った場合、表4は300℃～5時間の熱処理後にイオンミリングを行った場合について示している。特に、表2及び表4には、オージェ分光により求めたミリングされた表面におけるNiFeに対するTaの組成比（オージェ強度）がNiFe層のミリング深さに対応して示されている。

【0048】

【表2】

【0049】

【表3】

成膜して250℃-5時間の熱処理後にイオンミリング

フリー層ミリング深さ (nm)	縦バイアス磁界 (Oe)
0	0
1	0
2	0
3	0
4	7
5	12
6	34
7	35

【0050】

【表4】

成膜して300℃-5時間の熱処理後にイオンミリング

フリー層ミリング深さ (nm)	オージェ強度比 (%)	縦バイアス磁界 (Oe)
0	77	0
1	64	0
2	58	0
3	34	0
4	20	0
5	14	13
6	10	26
7	8	34

【0051】成膜直後にイオンミリングを行った場合、フリー層を4nm以上エッチングして初めて縦バイアス磁界が30Oe以下となる。縦バイアス磁界が30Oe以下となることは、前述したようにバルクハウゼンノイズ発生率が5%以下となることであるから、バルクハウゼンノイズ発生率を5%以下とし、オージェ強度比を10%以下とするには、フリー層を4nm以上エッチングする必要があることが分かる。

【0052】成膜して250℃-5時間の熱処理後にイオンミリングした場合、バルクハウゼンノイズ発生率を5%以下とするには、フリー層を6nm以上エッチングする必要があり、さらに、成膜して300℃-5時間の熱処理後にイオンミリングした場合、バルクハウゼンノイズ発生率を5%以下とし、オージェ強度比を10%以下とするには、フリー層を7nm以上エッチングする必要があることが分かる。

【0053】表2及び表4のオージェ強度比を比較すれば明らかなように、フリー層のイオンミリングを熱処理後に行うと、拡散が進んでしまうのでミリング深さを大きく取らなければ充分な縦バイアス磁界を得ることがで

きず、バルクハウゼンノイズ発生率を5%以下とすることができない。ただし、本実施例のように、キャップ層として従来技術であるTaの単層膜を用いると、成膜直後にイオンミリングした場合にも、必要となるミリング深さは比較的大きくなる。

【0054】実施例2

キャップ層としてCu (5nm) の単層膜を用いた場合である。表5～表7は、フリー層であるNiFe層のミリング深さ (フリー層表面からの) と、テストピース中央部分でのバイアス磁界の大きさとの関係を示しており、表5は成膜直後にイオンミリングを行った場合、表6は250℃-5時間の熱処理を行った後にイオンミリングを行った場合、表7は300℃-5時間の熱処理後にイオンミリングを行った場合について示している。表5及び表7にも、オージェ分光により求めたミリングされた表面におけるNiFeに対するCuの組成比 (オージェ強度) がNiFe層のミリング深さに対応して示されている。

【0055】

【表5】

成膜直後にイオンミリング

フリー層ミリング深さ (nm)	オージェ強度比 (%)	縦バイアス磁界 (Oe)
0	28	3
1	19	8
2	13	23
3	10	35
4	7	34
5	2	35
6	0	36
7	0	35

【0056】

【表6】

成膜して250℃-5時間の熱処理後にイオンミリング

フリー層ミリング深さ (nm)	縦バイアス磁界 (Oe)
0	0
1	3
2	17
3	26
4	35
5	34
6	35
7	36

【0057】

【表7】

成膜して300℃-5時間の熱処理後にイオンミリング

フリー層ミリング深さ (nm)	オージェ強度比 (%)	縦バイアス磁界 (Oe)
0	48	0
1	31	4
2	20	18
3	16	25
4	14	29
5	10	35
6	6	34
7	2	35

【0058】成膜直後にイオンミリングを行った場合、フリー層を3nm以上エッチングすれば縦バイアス磁界が300e以下となる。縦バイアス磁界が300e以下となることは、前述したようにバルクハウゼンノイズ発生率が5%以下となることであるから、バルクハウゼンノイズ発生率を5%以下とし、オージェ強度比を10%以下とするには、フリー層を3nm以上エッチングすればよいことが分かる。

【0059】成膜して250℃-5時間の熱処理後にイオンミリングした場合、バルクハウゼンノイズ発生率を5%以下とするには、フリー層を4nm以上エッチングする必要があり、さらに、成膜して300℃-5時間の熱処理後にイオンミリングした場合、バルクハウゼンノイズ発生率を5%以下とし、オージェ強度比を10%以下とするには、フリー層を5nm以上エッチングする必要があることが分かる。

【0060】キャップ層としてCuの単層膜を用いれば、実施例1のごとくTaの単層膜を用いた従来技術に比して、バルクハウゼンノイズ発生率を5%以下とし、オージェ強度比を10%以下とするために必要となるミリング深さがより小さくなる。

【0061】また、表5及び表7のオージェ強度比を比較すれば明らかのように、フリー層のイオンミリングを熱処理後に行うと、拡散が進んでしまうのでミリング深さを大きく取らなければ充分な縦バイアス磁界を得ることができず、バルクハウゼンノイズ発生率を5%以下とすることができないが、成膜直後に行えば必要となるミリング深さは比較的小さい。

【0062】実施例3

キャップ層としてAl(5nm)の単層膜を用いた場合である。表8~表10は、フリー層であるNiFe層のミリング深さ(フリー層表面からの)と、テストピース中央部分でのバイアス磁界の大きさとの関係を示しており、表8は成膜直後にイオンミリングを行った場合、表9は250℃-5時間の熱処理を行った後にイオンミリングを行った場合、表10は300℃-5時間の熱処理後にイオンミリングを行った場合について示している。なお、オージェ強度比は、前述の実施例1及び2の場合とはほぼ類似の傾向を示すため、これらの表には記載されていない。

【0063】

【表8】

成膜直後にイオンミリング

フリー層ミリング深さ (nm)	縦バイアス磁界 (Oe)
0	3
1	8
2	22
3	33
4	34
5	34
6	36
7	35

【0064】

【表9】

成膜して250℃-5時間の熱処理後にイオンミリング

フリー層ミリング深さ (nm)	縦バイアス磁界 (Oe)
0	0
1	3
2	17
3	25
4	32
5	34
6	35
7	36

【0065】

【表10】

成膜して300℃-5時間の熱処理後にイオンミリング

フリー層ミリング深さ (nm)	縦バイアス磁界 (Oe)
0	0
1	4
2	18
3	24
4	27
5	32
6	34
7	35

【0066】成膜直後にイオンミリングを行った場合、フリー層を3nm以上エッチングすれば縦バイアス磁界が300Oe以下となる。縦バイアス磁界が300Oe以下となることは、前述したようにバルクハウゼンノイズ発生率が5%以下となることであるから、バルクハウゼンノイズ発生率を5%以下とするには、フリー層を3nm以上エッチングすればよいことが分かる。

【0067】成膜して250℃-5時間の熱処理後にイオンミリングした場合、バルクハウゼンノイズ発生率を5%以下とするには、フリー層を4nm以上エッチングする必要がある。さらに、成膜して300℃-5時間の熱処理後にイオンミリングした場合、バルクハウゼンノイズ発生率を5%以下とするには、フリー層を5nm以上エッチングする必要があることが分かる。

【0068】キャップ層としてAlの単層膜を用いれば、実施例1のごとくTaの単層膜を用いた従来技術に比して、バルクハウゼンノイズ発生率を5%以下とするために必要となるミリング深さがより小さくなる。

【0069】また、フリー層のイオンミリングを熱処理

後に行うと、拡散が進んでしまうのでミリング深さを大きく取らなければ充分な縦バイアス磁界を得ることができず、バルクハウゼンノイズ発生率を5%以下とすることができないが、成膜直後に行えば必要となるミリング深さは比較的小さい。

【0070】実施例4

キャップ層としてRh (5nm) の単層膜を用いた場合である。表11～表13は、フリー層であるNiFe層のミリング深さ(フリー層表面からの)と、テストビース中央部分でのバイアス磁界の大きさとの関係を示しており、表11は成膜直後にイオンミリングを行った場合、表12は250℃-5時間の熱処理を行った後にイオンミリングを行った場合、表13は300℃-5時間の熱処理後にイオンミリングを行った場合について示している。なお、オージェ強度比は、前述の実施例1及び2の場合とほぼ類似の傾向を示すため、これらの表には記載されていない。

【0071】

【表11】

成膜直後にイオンミリング

フリー層ミリング深さ (nm)	縦バイアス磁界 (Oe)
0	0
1	8
2	12
3	32
4	35
5	34
6	34
7	35

【0072】

【表12】

成膜して250℃-5時間の熱処理後にイオンミリング

フリー層ミリング深さ (nm)	縦バイアス磁界 (Oe)
0	0
1	0
2	7
3	13
4	25
5	32
6	34
7	35

【0073】

【表13】

成膜して300℃-5時間の熱処理後にイオンミリング

フリー層ミリング深さ (nm)	縦バイアス磁界 (Oe)
0	0
1	0
2	3
3	8
4	17
5	28
6	34
7	35

【0074】成膜直後にイオンミリングを行った場合、フリー層を3nm以上エッチングすれば縦バイアス磁界が300e以下となる。縦バイアス磁界が300e以下となることは、前述したようにバルクハウゼンノイズ発生率が5%以下となることであるから、バルクハウゼンノイズ発生率を5%以下とするには、フリー層を3nm以上エッチングすればよいことが分かる。

【0075】成膜して250℃-5時間の熱処理後にイオンミリングした場合、バルクハウゼンノイズ発生率を5%以下とするには、フリー層を5nm以上エッチングする必要があり、さらに、成膜して300℃-5時間の熱処理後にイオンミリングした場合、バルクハウゼンノイズ発生率を5%以下とするには、フリー層を6nm以上エッチングする必要があることが分かる。

【0076】キャップ層としてRhの単層膜を用いれば、実施例1のごとくTaの単層膜を用いた従来技術に比して、バルクハウゼンノイズ発生率を5%以下するために必要となるミリング深さがより小さくなる。

【0077】また、フリー層のイオンミリングを熱処理

後に行うと、拡散が進んでしまうのでミリング深さを大きく取らなければ充分な縦バイアス磁界を得ることができず、バルクハウゼンノイズ発生率を5%以下とすることができないが、成膜直後に行えば必要となるミリング深さは比較的小さい。

【0078】実施例5

キャップ層としてRu (5nm) の単層膜を用いた場合である。表14～表16は、フリー層であるNiFe層のミリング深さ(フリー層表面からの)と、テストピース中央部分でのバイアス磁界の大きさとの関係を示しており、表14は成膜直後にイオンミリングを行った場合、表15は250℃-5時間の熱処理を行った後にイオンミリングを行った場合、表16は300℃-5時間の熱処理後にイオンミリングを行った場合について示している。なお、オージェ強度比は、前述の実施例1及び2の場合とほぼ類似の傾向を示すため、これらの表には記載されていない。

【0079】

【表14】

成膜直後にイオンミリング

フリー層ミリング深さ (nm)	縦バイアス磁界 (Oe)
0	3
1	9
2	22
3	32
4	34
5	34
6	36
7	36

【0080】

【表15】

成膜して250℃-5時間の熱処理後にイオンミリング

フリー層ミリング深さ (nm)	縦バイアス磁界 (Oe)
0	0
1	3
2	17
3	25
4	31
5	32
6	34
7	36

【0081】

【表16】

成膜して300℃-5時間の熱処理後にイオンミリング

フリー層ミリング深さ (nm)	縦バイアス磁界 (Oe)
0	0
1	4
2	18
3	23
4	26
5	32
6	33
7	36

【0082】成膜直後にイオンミリングを行った場合、フリー層を3nm以上エッチングすれば縦バイアス磁界が300e以下となる。縦バイアス磁界が300e以下となることは、前述したようにバルクハウゼンノイズ発生率が5%以下となることであるから、バルクハウゼンノイズ発生率を5%以下とするには、フリー層を3nm以上エッチングすればよいことが分かる。

【0083】成膜して250℃-5時間の熱処理後にイオンミリングした場合、バルクハウゼンノイズ発生率を5%以下とするには、フリー層を4nm以上エッチングする必要があり、さらに、成膜して300℃-5時間の熱処理後にイオンミリングした場合、バルクハウゼンノイズ発生率を5%以下とするには、フリー層を5nm以上エッチングする必要があることが分かる。

【0084】キャップ層としてRuの単層膜を用いれば、実施例1のごとくTaの単層膜を用いた従来技術に比して、バルクハウゼンノイズ発生率を5%以下とするために必要となるミリング深さがより小さくなる。

【0085】また、フリー層のイオンミリングを熱処理

後に行うと、拡散が進んでしまうのでミリング深さを大きく取らなければ充分な縦バイアス磁界を得ることができず、バルクハウゼンノイズ発生率を5%以下とすることができないが、成膜直後に行えば必要となるミリング深さは比較的小さい。

【0086】実施例6

キャップ層としてPt (5nm) の単層膜を用いた場合である。表17~表19は、フリー層であるNiFe層のミリング深さ(フリー層表面からの)と、テストピース中央部分でのバイアス磁界の大きさとの関係を示しており、表17は成膜直後にイオンミリングを行った場合、表18は250℃-5時間の熱処理を行った後にイオンミリングを行った場合、表19は300℃-5時間の熱処理後にイオンミリングを行った場合について示している。なお、オージェ強度比は、前述の実施例1及び2の場合とほぼ類似の傾向を示すため、これらの表には記載されていない。

【0087】

【表17】

成膜直後にイオンミリング

フリー層ミリング深さ (nm)	縦バイアス磁界 (Oe)
0	0
1	7
2	15
3	28
4	33
5	34
6	34
7	35

【0088】

【表18】

成膜して250℃-5時間の熱処理後にイオンミリング

フリー層ミリング深さ (nm)	縦バイアス磁界 (Oe)
0	0
1	0
2	0
3	11
4	23
5	29
6	34
7	35

【0089】

【表19】

成膜して300℃-5時間の熱処理後にイオンミリング

フリー層ミリング深さ (nm)	縦バイアス磁界 (Oe)
0	0
1	0
2	0
3	5
4	11
5	25
6	34
7	35

【0090】成膜直後にイオンミリングを行った場合、フリー層を4nm以上エッチングすれば縦バイアス磁界が300e以下となる。縦バイアス磁界が300e以下となることは、前述したようにバルクハウゼンノイズ発生率が5%以下となることであるから、バルクハウゼンノイズ発生率を5%以下とするには、フリー層を4nm以上エッチングすればよいことが分かる。

【0091】成膜して250℃-5時間の熱処理後にイオンミリングした場合、バルクハウゼンノイズ発生率を5%以下とするには、フリー層を6nm以上エッチングする必要があり、さらに、成膜して300℃-5時間の熱処理後にイオンミリングした場合、バルクハウゼンノイズ発生率を5%以下とするには、フリー層を6nm以上エッチングする必要があることが分かる。

【0092】キャップ層としてRhの単層膜を用いれば、実施例1のごとくTaの単層膜を用いた従来技術に比して、バルクハウゼンノイズ発生率を5%以下とするために必要となるミリング深さがより小さくなる。

【0093】また、フリー層のイオンミリングを熱処理

後に行うと、拡散が進んでしまうのでミリング深さを大きく取らなければ充分な縦バイアス磁界を得ることができず、バルクハウゼンノイズ発生率を5%以下とすることができないが、成膜直後に行えば必要となるミリング深さは比較的小さい。

【0094】実施例7

キャップ層としてRuRhMn(5nm)の単層膜を用いた場合である。表20~表22は、フリー層であるNiFe層のミリング深さ(フリー層表面からの)と、テストピース中央部分でのバイアス磁界の大きさとの関係を示しており、表20は成膜直後にイオンミリングを行った場合、表21は250℃-5時間の熱処理を行った後にイオンミリングを行った場合、表22は300℃-5時間の熱処理後にイオンミリングを行った場合について示している。なお、オージェ強度比は、前述の実施例1及び2の場合とほぼ類似の傾向を示すため、これらの表には記載されていない。

【0095】

【表20】

成膜直後にイオンミリング

フリー層ミリング深さ (nm)	縦バイアス磁界 (Oe)
0	0
1	0
2	12
3	31
4	36
5	34
6	34
7	35

【0096】

【表21】

成膜して250℃-5時間の熱処理後にイオンミリング

フリー層ミリング深さ (nm)	縦バイアス磁界 (Oe)
0	0
1	0
2	0
3	13
4	26
5	32
6	34
7	35

【0097】

【表22】

成膜して300℃-5時間の熱処理後にイオンミリング

フリー層ミリング深さ (nm)	縦バイアス磁界 (Oe)
0	0
1	0
2	0
3	9
4	13
5	27
6	34
7	35

【0098】成膜直後にイオンミリングを行った場合、フリー層を3nm以上エッチングすれば縦バイアス磁界が300e以下となる。縦バイアス磁界が300e以下となることは、前述したようにバルクハウゼンノイズ発生率が5%以下となることであるから、バルクハウゼンノイズ発生率を5%以下とするには、フリー層を3nm以上エッチングすればよいことが分かる。

【0099】成膜して250℃-5時間の熱処理後にイオンミリングした場合、バルクハウゼンノイズ発生率を5%以下とするには、フリー層を5nm以上エッチングする必要があり、さらに、成膜して300℃-5時間の熱処理後にイオンミリングした場合、バルクハウゼンノイズ発生率を5%以下とするには、フリー層を6nm以上エッチングする必要があることが分かる。

【0100】キャップ層としてRuRhMnの単層膜を用いれば、実施例1のごとくTaの単層膜を用いた従来技術に比して、バルクハウゼンノイズ発生率を5%以下とするために必要となるミリング深さがより小さくなる。

【0101】また、フリー層のイオンミリングを熱処理

後に行うと、拡散が進んでしまうのでミリング深さを大きく取らなければ充分な縦バイアス磁界を得ることができず、バルクハウゼンノイズ発生率を5%以下とすることができないが、成膜直後に行えば必要となるミリング深さは比較的小さい。

【0102】実施例8

キャップ層としてPtMn(5nm)の単層膜を用いた場合である。表23~表25は、フリー層であるNiFe層のミリング深さ(フリー層表面からの)と、テストピース中央部分でのバイアス磁界の大きさとの関係を示しており、表23は成膜直後にイオンミリングを行った場合、表24は250℃-5時間の熱処理を行った後にイオンミリングを行った場合、表25は300℃-5時間の熱処理後にイオンミリングを行った場合について示している。なお、オージェ強度比は、前述の実施例1及び2の場合とほぼ類似の傾向を示すため、これらの表には記載されていない。

【0103】

【表23】

成膜直後にイオンミリング

フリー層ミリング深さ (nm)	縦バイアス磁界 (Oe)
0	0
1	15
2	30
3	32
4	35
5	34
6	34
7	35

【0104】

【表24】

成膜して250℃-5時間の熱処理後にイオンミリング

フリー層ミリング深さ (nm)	縦バイアス磁界 (Oe)
0	0
1	0
2	17
3	31
4	33
5	33
6	34
7	35

【0105】

【表25】

成膜して300℃-5時間の熱処理後にイオンミリング

フリー層ミリング深さ (nm)	縦バイアス磁界 (Oe)
0	0
1	0
2	2
3	13
4	30
5	32
6	34
7	35

【0106】成膜直後にイオンミリングを行った場合、フリー層を2nm以上エッチングすれば縦バイアス磁界が30Oe以下となる。縦バイアス磁界が30Oe以下となることは、前述したようにバルクハウゼンノイズ発生率が5%以下となることであるから、バルクハウゼンノイズ発生率を5%以下とするには、フリー層を2nm以上エッチングすればよいことが分かる。

【0107】成膜して250℃-5時間の熱処理後にイオンミリングした場合、バルクハウゼンノイズ発生率を5%以下とするには、フリー層を3nm以上エッチングする必要があり、さらに、成膜して300℃-5時間の熱処理後にイオンミリングした場合、バルクハウゼンノイズ発生率を5%以下とするには、フリー層を4nm以上エッチングする必要があることが分かる。

【0108】キャップ層としてRuRhMnの単層膜を用いれば、実施例1のごとくTaの単層膜を用いた従来技術に比して、バルクハウゼンノイズ発生率を5%以下とするために必要となるミリング深さがより小さくなる。

【0109】また、フリー層のイオンミリングを熱処理

後に行うと、拡散が進んでしまうのでミリング深さを大きく取らなければ充分な縦バイアス磁界を得ることができず、バルクハウゼンノイズ発生率を5%以下とすることができないが、成膜直後に行えば必要となるミリング深さは比較的小さい。

【0110】実施例9

キャップ層としてPtMnRh (5nm) の単層膜を用いた場合である。表8～表10は、フリー層であるNiFe層のミリング深さ (フリー層表面からの) と、テストピース中央部分でのバイアス磁界の大きさとの関係を示しており、表26は成膜直後にイオンミリングを行った場合、表27は250℃-5時間の熱処理を行った後にイオンミリングを行った場合、表28は300℃-5時間の熱処理後にイオンミリングを行った場合について示している。なお、オージェ強度比は、前述の実施例1及び2の場合とほぼ類似の傾向を示すため、これらの表には記載されていない。

【0111】

【表26】

成膜直後にイオンミリング

フリー層ミリング深さ (nm)	縦バイアス磁界 (Oe)
0	0
1	12
2	26
3	32
4	35
6	34
6	34
7	35

【0112】

【表27】

成膜して250℃-5時間の熱処理後にイオンミリング

フリー層ミリング深さ (nm)	縦バイアス磁界 (Oe)
0	0
1	3
2	16
3	31
4	33
6	33
6	34
7	35

【0113】

【表28】

成膜して300℃-5時間の熱処理後にイオンミリング

フリー層ミリング深さ (nm)	縦バイアス磁界 (Oe)
0	0
1	0
2	4
3	13
4	30
6	32
6	34
7	35

【0114】成膜直後にイオンミリングを行った場合、フリー層を3nm以上エッチングすれば縦バイアス磁界が300e以下となる。縦バイアス磁界が300e以下となることは、前述したようにバルクハウゼンノイズ発生率が5%以下となることであるから、バルクハウゼンノイズ発生率を5%以下とするには、フリー層を3nm以上エッチングすればよいことが分かる。

【0115】成膜して250℃-5時間の熱処理後にイオンミリングした場合、バルクハウゼンノイズ発生率を5%以下とするには、フリー層を3nm以上エッチングする必要がある。さらに、成膜して300℃-5時間の熱処理後にイオンミリングした場合、バルクハウゼンノイズ発生率を5%以下とするには、フリー層を4nm以上エッチングする必要があることが分かる。

【0116】キャップ層としてPtMnRhの単層膜を用いれば、実施例1のごとくTaの単層膜を用いた従来技術に比して、バルクハウゼンノイズ発生率を5%以下とするために必要となるミリング深さがより小さくなる。

【0117】また、フリー層のイオンミリングを熱処理

後に行うと、拡散が進んでしまうのでミリング深さを大きく取らなければ充分な縦バイアス磁界を得ることができず、バルクハウゼンノイズ発生率を5%以下とすることができないが、成膜直後に行えば必要となるミリング深さは比較的小さい。

【0118】実施例10

キャップ層としてアモルファス組成の $Ti_{10}W_{90}$ (Tiが10at%, Wが90at%) (5nm)の単層膜を用いた場合である。表29~表31は、フリー層であるNiFe層のミリング深さ(フリー層表面からの)と、テストピース中央部分でのバイアス磁界の大きさとの関係を示しており、表29は成膜直後にイオンミリングを行った場合、表30は250℃-5時間の熱処理を行った後にイオンミリングを行った場合、表31は300℃-5時間の熱処理後にイオンミリングを行った場合について示している。なお、オージェ強度比は、前述の実施例1及び2の場合とほぼ類似の傾向を示すため、これらの表には記載されていない。

【0119】

【表29】

成膜直後にイオンミリング

フリー層ミリング深さ (nm)	縦バイアス磁界 (Oe)
0	0
1	18
2	27
3	34
4	36
5	34
6	36
7	36

【0120】

【表30】

成膜して250℃-5時間の熱処理後にイオンミリング

フリー層ミリング深さ (nm)	縦バイアス磁界 (Oe)
0	0
1	0
2	15
3	24
4	33
5	36
6	34
7	36

【0121】

【表31】

成膜して300℃-5時間の熱処理後にイオンミリング

フリー層ミリング深さ (nm)	縦バイアス磁界 (Oe)
0	0
1	0
2	12
3	21
4	31
5	34
6	36
7	34

【0122】成膜直後にイオンミリングを行った場合、フリー層を3nm以上エッチングすれば縦バイアス磁界が300e以下となる。縦バイアス磁界が300e以下となることは、前述したようにバルクハウゼンノイズ発生率が5%以下となることであるから、バルクハウゼンノイズ発生率を5%以下とするには、フリー層を3nm以上エッチングすればよいことが分かる。

【0123】成膜して250℃-5時間の熱処理後にイオンミリングした場合、バルクハウゼンノイズ発生率を5%以下とするには、フリー層を4nm以上エッチングする必要がある。さらに、成膜して300℃-5時間の熱処理後にイオンミリングした場合、バルクハウゼンノイズ発生率を5%以下とするには、フリー層を4nm以上エッチングする必要があることが分かる。

【0124】キャップ層としてアモルファス組成のTi₁₀W₉₀の単層膜を用いれば、実施例1のごとくTaの単層膜を用いた従来技術に比して、バルクハウゼンノイズ発生率を5%以下とするために必要となるミリング深さがより小さくなる。

【0125】また、フリー層のイオンミリングを熱処理

後に行うと、拡散が進んでしまうのでミリング深さを大きく取らなければ充分な縦バイアス磁界を得ることができず、バルクハウゼンノイズ発生率を5%以下とすることができないが、成膜直後に行えば必要となるミリング深さは比較的小さい。

【0126】実施例1.1

キャップ層としてTa (2.5nm) / PtMn (2.5nm) の2層膜を用いた場合である (Ta層が上側)。表32~表34は、フリー層であるNiFe層のミリング深さ (フリー層表面からの) と、テストピース中央部分でのバイアス磁界の大きさとの関係を示しており、表32は成膜直後にイオンミリングを行った場合、表33は250℃-5時間の熱処理を行った後にイオンミリングを行った場合、表34は300℃-5時間の熱処理後にイオンミリングを行った場合について示している。なお、オージェ強度比は、前述の実施例1及び2の場合とはほぼ類似の傾向を示すため、これらの表には記載されていない。

【0127】

【表32】

成膜直後にイオンミリング

フリー層ミリング深さ (nm)	縦バイアス磁界 (Oe)
0	0
1	15
2	28
3	35
4	35
5	34
6	36
7	35

【0128】

【表33】

成膜して250℃-5時間の熱処理後にイオンミリング

フリー層ミリング深さ (nm)	縦バイアス磁界 (Oe)
0	0
1	0
2	16
3	30
4	33
5	33
6	34
7	35

【0129】

【表34】

成膜して300℃-5時間の熱処理後にイオンミリング

フリー層ミリング深さ (nm)	縦バイアス磁界 (Oe)
0	0
1	0
2	3
3	13
4	30
5	33
6	35
7	34

【0130】成膜直後にイオンミリングを行った場合、フリー層を3nm弱以上エッチングすれば縦バイアス磁界が300e以下となる。縦バイアス磁界が300e以下となることは、前述したようにバルクハウゼンノイズ発生率が5%以下となることであるから、バルクハウゼンノイズ発生率を5%以下とするには、フリー層を3nm弱以上エッチングすればよいことが分かる。

【0131】成膜して250℃-5時間の熱処理後にイオンミリングした場合、バルクハウゼンノイズ発生率を5%以下とするには、フリー層を3nm以上エッチングする必要があり、さらに、成膜して300℃-5時間の熱処理後にイオンミリングした場合、バルクハウゼンノイズ発生率を5%以下とするには、フリー層を4nm以上エッチングする必要があることが分かる。

【0132】キャップ層としてTa/PtMnの2層膜を用いれば、実施例1のごとくTaの単層膜を用いた従来技術に比して、バルクハウゼンノイズ発生率を5%以下とするために必要となるミリング深さがより小さくなる。

【0133】また、フリー層のイオンミリングを熱処理

後に行うと、拡散が進んでしまうのでミリング深さを大きく取らなければ充分な縦バイアス磁界を得ることができず、バルクハウゼンノイズ発生率を5%以下とすることができないが、成膜直後に行えば必要となるミリング深さは比較的小さい。

【0134】実施例12

キャップ層としてTa(2.5nm)/Cu(2.5nm)の2層膜を用いた場合である(Ta層が上側)。表35~表37は、フリー層であるNiFe層のミリング深さ(フリー層表面からの)と、テストピース中央部分でのバイアス磁界の大きさとの関係を示しており、表35は成膜直後にイオンミリングを行った場合、表36は250℃-5時間の熱処理を行った後にイオンミリングを行った場合、表37は300℃-5時間の熱処理後にイオンミリングを行った場合について示している。なお、オージェ強度比は、前述の実施例1及び2の場合とほぼ類似の傾向を示すため、これらの表には記載されていない。

【0135】

【表35】

成膜直後にイオンミリング

フリー層ミリング深さ (nm)	縦バイアス磁界 (Oe)
0	0
1	18
2	30
3	35
4	35
5	34
6	36
7	35

【0136】

【表36】

成膜して250℃-5時間の熱処理後にイオンミリング

フリー層ミリング深さ (nm)	縦バイアス磁界 (Oe)
0	0
1	0
2	23
3	32
4	33
5	33
6	34
7	35

【0137】

【表37】

成膜して300℃-5時間の熱処理後にイオンミリング

フリー層ミリング深さ (nm)	縦バイアス磁界 (Oe)
0	0
1	0
2	19
3	30
4	32
5	33
6	35
7	34

【0138】成膜直後にイオンミリングを行った場合、フリー層を2nm以上エッチングすれば縦バイアス磁界が300e以下となる。縦バイアス磁界が300e以下となることは、前述したようにバルクハウゼンノイズ発生率が5%以下となることであるから、バルクハウゼンノイズ発生率を5%以下とするには、フリー層を2nm以上エッチングすればよいことが分かる。

【0139】成膜して250℃-5時間の熱処理後にイオンミリングした場合、バルクハウゼンノイズ発生率を5%以下とするには、フリー層を3nm以上エッチングする必要がある。さらに、成膜して300℃-5時間の熱処理後にイオンミリングした場合、バルクハウゼンノイズ発生率を5%以下とするには、フリー層を3nm以上エッチングする必要があることが分かる。

【0140】キャップ層としてTa/Cuの2層膜を用いれば、実施例1のごとくTaの単層膜を用いた従来技術に比して、バルクハウゼンノイズ発生率を5%以下とするために必要となるミリング深さがより小さくなる。

【0141】また、フリー層のイオンミリングを熱処理後に行うと、拡散が進んでしまうのでミリング深さを大

きく取らなければ充分な縦バイアス磁界を得ることができず、バルクハウゼンノイズ発生率を5%以下とすることができないが、成膜直後に行えば必要となるミリング深さは比較的小さい。

【0142】実施例13

キャップ層としてTa(2.5nm)/Al(2.5nm)の2層膜を用いた場合である(Ta層が上側)。表38~表40は、フリー層であるNiFe層のミリング深さ(フリー層表面からの)と、テストピース中央部分でのバイアス磁界の大きさとの関係を示しており、表38は成膜直後にイオンミリングを行った場合、表39は250℃-5時間の熱処理を行った後にイオンミリングを行った場合、表40は300℃-5時間の熱処理後にイオンミリングを行った場合について示している。なお、オージェ強度比は、前述の実施例1及び2の場合とほぼ類似の傾向を示すため、これらの表には記載されていない。

【0143】

【表38】

成膜直後にイオンミリング

フリー層ミリング深さ (nm)	縦バイアス磁界 (Oe)
0	3
1	8
2	22
3	32
4	33
5	34
6	35
7	36

【0144】

【表39】

成膜して250℃-5時間の熱処理後にイオンミリング

フリー層ミリング深さ (nm)	縦バイアス磁界 (Oe)
0	0
1	3
2	17
3	25
4	31
5	32
6	34
7	36

【0145】

【表40】

成膜して300℃-5時間の熱処理後にイオンミリング

フリー層ミリング深さ (nm)	縦バイアス磁界 (Oe)
0	0
1	4
2	18
3	24
4	31
5	32
6	34
7	36

【0146】成膜直後にイオンミリングを行った場合、フリー層を3nm以上エッチングすれば縦バイアス磁界が300e以下となる。縦バイアス磁界が300e以下となることは、前述したようにバルクハウゼンノイズ発生率が5%以下となることであるから、バルクハウゼンノイズ発生率を5%以下とするには、フリー層を3nm以上エッチングすればよいことが分かる。

【0147】成膜して250℃-5時間の熱処理後にイオンミリングした場合、バルクハウゼンノイズ発生率を5%以下とするには、フリー層を4nm以上エッチングする必要があり、さらに、成膜して300℃-5時間の熱処理後にイオンミリングした場合、バルクハウゼンノイズ発生率を5%以下とするには、フリー層を4nm以上エッチングする必要があることが分かる。

【0148】キャップ層としてTa/Alの2層膜を用いれば、実施例1のごとくTaの単層膜を用いた従来技術に比して、バルクハウゼンノイズ発生率を5%以下とするために必要となるミリング深さがより小さくなる。

【0149】また、フリー層のイオンミリングを熱処理後に行うと、拡散が進んでしまうのでミリング深さを大

きく取らなければ十分な縦バイアス磁界を得ることができず、バルクハウゼンノイズ発生率を5%以下とすることができないが、成膜直後に行えば必要となるミリング深さは比較的小さい。

【0150】実施例14

キャップ層としてTa(2.5nm)/Ru(2.5nm)の2層膜を用いた場合である(Ta層が上側)。表41~表43は、フリー層であるNiFe層のミリング深さ(フリー層表面からの)と、テストピース中央部分でのバイアス磁界の大きさとの関係を示しており、表41は成膜直後にイオンミリングを行った場合、表42は250℃-5時間の熱処理を行った後にイオンミリングを行った場合、表43は300℃-5時間の熱処理後にイオンミリングを行った場合について示している。なお、オージェ強度比は、前述の実施例1及び2の場合とほぼ類似の傾向を示すため、これらの表には記載されていない。

【0151】

【表41】

成膜直後にイオンミリング

フリー層ミリング深さ (nm)	縦バイアス磁界 (Oe)
0	0
1	18
2	30
3	35
4	35
5	34
6	36
7	35

【0152】

【表42】

成膜して250℃-5時間の熱処理後にイオンミリング

フリー層ミリング深さ (nm)	縦バイアス磁界 (Oe)
0	0
1	0
2	21
3	32
4	35
5	34
6	34
7	35

【0153】

【表43】

成膜して300℃-5時間の熱処理後にイオンミリング

フリー層ミリング深さ (nm)	縦バイアス磁界 (Oe)
0	0
1	0
2	17
3	28
4	35
5	34
6	35
7	34

【0154】成膜直後にイオンミリングを行った場合、フリー層を2nm以上エッチングすれば縦バイアス磁界が300e以下となる。縦バイアス磁界が300e以下となることは、前述したようにバルクハウゼンノイズ発生率が5%以下となることであるから、バルクハウゼンノイズ発生率を5%以下とするには、フリー層を2nm以上エッチングすればよいことが分かる。

【0155】成膜して250℃-5時間の熱処理後にイオンミリングした場合、バルクハウゼンノイズ発生率を5%以下とするには、フリー層を3nm以上エッチングする必要があり、さらに、成膜して300℃-5時間の熱処理後にイオンミリングした場合、バルクハウゼンノイズ発生率を5%以下とするには、フリー層を4nm以上エッチングする必要があることが分かる。

【0156】キャップ層としてTa/Ruの2層膜を用いれば、実施例1のごとくTaの単層膜を用いた従来技術に比して、バルクハウゼンノイズ発生率を5%以下とするために必要となるミリング深さがより小さくなる。

【0157】また、フリー層のイオンミリングを熱処理後に行うと、拡散が進んでしまうのでミリング深さを大

きく取らなければ充分な縦バイアス磁界を得ることができず、バルクハウゼンノイズ発生率を5%以下とすることができないが、成膜直後に行えば必要となるミリング深さは比較的小さい。

【0158】実施例15

キャップ層としてTiW(2.5nm)/Cu(2.5nm)の2層膜を用いた場合である(TiW層が上側)。表44～表46は、フリー層であるNiFe層のミリング深さ(フリー層表面からの)と、テストピース中央部分でのバイアス磁界の大きさとの関係を示しており、表44は成膜直後にイオンミリングを行った場合、表45は250℃-5時間の熱処理を行った後にイオンミリングを行った場合、表46は300℃-5時間の熱処理後にイオンミリングを行った場合について示している。なお、オージェ強度比は、前述の実施例1及び2の場合とほぼ類似の傾向を示すため、これらの表には記載されていない。

【0159】

【表44】

成膜直後にイオンミリング

フリー層ミリング深さ (nm)	縦バイアス磁界 (Oe)
0	0
1	17
2	30
3	34
4	35
5	35
6	34
7	35

【0160】

【表45】

成膜して250℃-5時間の熱処理後にイオンミリング

フリー層ミリング深さ (nm)	縦バイアス磁界 (Oe)
0	0
1	0
2	24
3	31
4	33
5	34
6	34
7	35

【0161】

【表46】

成膜して300℃-5時間の熱処理後にイオンミリング

フリー層ミリング深さ (nm)	縦バイアス磁界 (Oe)
0	0
1	0
2	18
3	30
4	33
5	34
6	35
7	34

【0162】成膜直後にイオンミリングを行った場合、フリー層を2nm以上エッチングすれば縦バイアス磁界が30Oe以下となる。縦バイアス磁界が30Oe以下となることは、前述したようにバルクハウゼンノイズ発生率が5%以下となることであるから、バルクハウゼンノイズ発生率を5%以下とするには、フリー層を2nm以上エッチングすればよいことが分かる。

【0163】成膜して250℃-5時間の熱処理後にイオンミリングした場合、バルクハウゼンノイズ発生率を5%以下とするには、フリー層を3nm以上エッチングする必要がある。さらに、成膜して300℃-5時間の熱処理後にイオンミリングした場合、バルクハウゼンノイズ発生率を5%以下とするには、フリー層を3nm以上エッチングする必要があることが分かる。

【0164】キャップ層としてTiW/Cuの2層膜を用いれば、実施例1のごとくTaの単層膜を用いた従来技術に比して、バルクハウゼンノイズ発生率を5%以下とするために必要となるミリング深さがより小さくなる。

【0165】また、フリー層のイオンミリングを熱処理

後に行うと、拡散が進んでしまうのでミリング深さを大きく取らなければ充分な縦バイアス磁界を得ることができず、バルクハウゼンノイズ発生率を5%以下とすることができないが、成膜直後に行えば必要となるミリング深さは比較的小さい。

【0166】実施例16

キャップ層としてTiW (2.5nm)/Rh (2.5nm)の2層膜を用いた場合である (TiW層が上側)。表47~表49は、フリー層であるNiFe層のミリング深さ (フリー層表面からの) と、テストピース中央部分でのバイアス磁界の大きさとの関係を示しており、表47は成膜直後にイオンミリングを行った場合、表48は250℃-5時間の熱処理を行った後にイオンミリングを行った場合、表49は300℃-5時間の熱処理後にイオンミリングを行った場合について示している。なお、オージェ強度比は、前述の実施例1及び2の場合とほぼ類似の傾向を示すため、これらの表には記載されていない。

【0167】

【表47】

成膜直後にイオンミリング

フリー層ミリング深さ (nm)	縦バイアス磁界 (Oe)
0	0
1	16
2	27
3	32
4	35
5	35
6	34
7	35

【0168】

【表48】

成膜して250℃-5時間の熱処理後にイオンミリング

フリー層ミリング深さ (nm)	縦バイアス磁界 (Oe)
0	0
1	3
2	24
3	31
4	33
5	34
6	34
7	35

【0169】

【表49】

成膜して300℃-5時間の熱処理後にイオンミリング

フリー層ミリング深さ (nm)	縦バイアス磁界 (Oe)
0	0
1	2
2	18
3	30
4	33
5	34
6	35
7	34

【0170】成膜直後にイオンミリングを行った場合、フリー層を3nm弱以上エッチングすれば縦バイアス磁界が30Oe以下となる。縦バイアス磁界が30Oe以下となることは、前述したようにバルクハウゼンノイズ発生率が5%以下となることであるから、バルクハウゼンノイズ発生率を5%以下とするには、フリー層を3nm弱以上エッチングすればよいことが分かる。

【0171】成膜して250℃-5時間の熱処理後にイオンミリングした場合、バルクハウゼンノイズ発生率を5%以下とするには、フリー層を3nm以上エッチングすればよく、さらに、成膜して300℃-5時間の熱処理後にイオンミリングした場合、バルクハウゼンノイズ発生率を5%以下とするには、フリー層を3nm以上エッチングすればよいことが分かる。

【0172】キャップ層としてTiW/Rhの2層膜を用いれば、実施例1のごとくTaの単層膜を用いた従来技術に比して、バルクハウゼンノイズ発生率を5%以下とするために必要となるミリング深さがより小さくなる。

【0173】また、フリー層のイオンミリングを熱処理

後に行うと、拡散が進んでしまうのでミリング深さを大きく取らなければ充分な縦バイアス磁界を得ることができず、バルクハウゼンノイズ発生率を5%以下とすることができないが、成膜直後に行えば必要となるミリング深さは比較的小さい。

【0174】実施例17

キャップ層としてTiW(2.5nm)/Ru(2.5nm)の2層膜を用いた場合である(TiW層が上側)。表50~表52は、フリー層であるNiFe層のミリング深さ(フリー層表面からの)と、テストピース中央部分でのバイアス磁界の大きさとの関係を示しており、表50は成膜直後にイオンミリングを行った場合、表51は250℃-5時間の熱処理を行った後にイオンミリングを行った場合、表52は300℃-5時間の熱処理後にイオンミリングを行った場合について示している。なお、オージェ強度比は、前述の実施例1及び2の場合とほぼ類似の傾向を示すため、これらの表には記載されていない。

【0175】

【表50】

成膜直後にイオンミリング

フリー層ミリング深さ (nm)	縦バイアス磁界 (Oe)
0	0
1	18
2	30
3	34
4	36
5	34
6	36
7	35

【0176】

【表51】

成膜して250℃-5時間の熱処理後にイオンミリング

フリー層ミリング深さ (nm)	縦バイアス磁界 (Oe)
0	0
1	0
2	19
3	31
4	34
5	35
6	34
7	35

【0177】

【表52】

成膜して300℃-5時間の熱処理後にイオンミリング

フリー層ミリング深さ (nm)	縦バイアス磁界 (Oe)
0	0
1	0
2	16
3	27
4	34
5	34
6	36
7	34

【0178】成膜直後にイオンミリングを行った場合、フリー層を2nm以上エッチングすれば縦バイアス磁界が30Oe以下となる。縦バイアス磁界が30Oe以下となることは、前述したようにバルクハウゼンノイズ発生率が5%以下となることであるから、バルクハウゼンノイズ発生率を5%以下とするには、フリー層を2nm以上エッチングすればよいことが分かる。

【0179】成膜して250℃-5時間の熱処理後にイオンミリングした場合、バルクハウゼンノイズ発生率を5%以下とするには、フリー層を3nm以上エッチングする必要があり、さらに、成膜して300℃-5時間の熱処理後にイオンミリングした場合、バルクハウゼンノイズ発生率を5%以下とするには、フリー層を4nm以上エッチングする必要があることが分かる。

【0180】キャップ層としてTiW/Ruの2層膜を用いれば、実施例1のごとくTaの単層膜を用いた従来技術に比して、バルクハウゼンノイズ発生率を5%以下とするために必要となるミリング深さがより小さくなる。

【0181】また、フリー層のイオンミリングを熱処理後に行うと、拡散が進んでしまうのでミリング深さを大

きく取らなければ十分な縦バイアス磁界を得ることができず、バルクハウゼンノイズ発生率を5%以下とすることができないが、成膜直後に行えば必要となるミリング深さは比較的小さい。

【0182】なお、以上述べた実施形態及び実施例は、スピンバルブMRセンサに関するものであるが、本発明のMRセンサは、類似の構成を有するが、非磁性体層に膜厚の薄い絶縁体層を用いたトンネル効果を利用したスピントンネルMRセンサをも含むものである。

【0183】以上述べた実施形態は全て本発明を例示的に示すものであって限定的に示すものではなく、本発明は他の種々の変形態様及び変更態様で実施することができる。従って本発明の範囲は特許請求の範囲及びその均等範囲によってのみ規定されるものである。

【0184】

【発明の効果】以上詳細に説明したように本発明によれば、フリー層の磁区を制御する縦バイアスを発生するための交換結合用の第2の反強磁性体層を形成する際に、フリー層の両端部を所定深さまで除去するようにしており、しかも、その除去する工程をMR積層体の第1の反強磁性体層の磁化方向制御用の熱処理前に行っている。

フリー層の両端部を所定深さまで除去することにより、保護層を除去する際に生じたその保護層の成分元素がフリー層内に拡散した部分を確実に除去でき、フリー層と縦バイアス磁界用の第2の反強磁性体層との間に良好な交換結合を与えることができる。

【0185】また、除去するステップを、第1の反強磁性体層の磁化方向制御用の熱処理前に行うことにより、熱処理による拡散の進行を抑制できるから保護層の成分元素がフリー層内に拡散する度合を最小限に抑えることができ、フリー層をさほど深くまで除去しないで良いこととなる。これは、フリー層の膜厚が今後ますます薄くなることとあいまって、製造工程を著しく容易にする。従って、フリー層と縦バイアス磁界用の反強磁性体層との間に良好な交換結合を容易にかつ確実に与えることができる。

【0186】本発明によれば、さらに、保護層が、Cu、Al、Rh、Ru、Pt、RuRhMn、PtMn、PtMnRh及びTiWから選ばれた1つの単層膜で形成されているか、又はTa/PtMn、Ta/Cu、Ta/Al、Ta/Ru、TiW/Cu、TiW/Rh及びTiW/Ruから選ばれた1つの2層膜で形成されていることにより、従来のごとくTaの単層膜で構成していた場合に比して、イオンミリングによって保護層の成分元素がフリー層内に拡散する度合を著しく小さくできるので、フリー層をさほど深くまでミリング除去しないで良いことにつながり、ミリング後のフリー層の厚みが大きく取れることを意味している。従って、フリー層の膜厚が今後ますます薄くなっても、製造工程が

非常に容易となる。その結果、フリー層と縦バイアス磁界用の第2の反強磁性体層との間に良好な交換結合を容易にかつ確実に与えることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態として、薄膜磁気ヘッドのスピンバルブMRセンサ部分の層構成を概略的に示す断面図である。

【図2】図1の実施形態におけるスピンバルブMRセンサの製造工程を説明するフローチャートである。

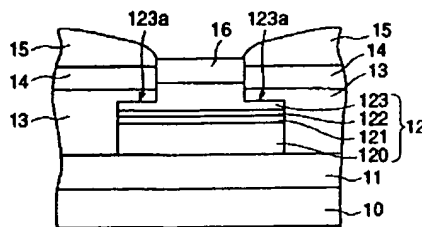
【図3】図1の実施形態における各製造工程における層構成を示す断面図である。

【図4】交換結合バイアス磁界の大きさの測定方法を説明する図である。

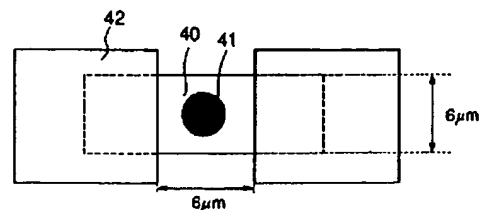
【符号の説明】

- 10 下部シールド層
- 11 下部絶縁層
- 12 スピンバルブMR積層体
- 13 第3の強磁性体層
- 14 交換結合用の第2の反強磁性体層
- 15 リード導体層
- 16 保護層（キャップ層）
- 17 フォトリソパターン
- 120 第1の反強磁性体層
- 121 第1の強磁性体層（ピン層）
- 122 非磁性金属層
- 123 第2の強磁性体層（フリー層）
- 123a トラック幅方向の両端部

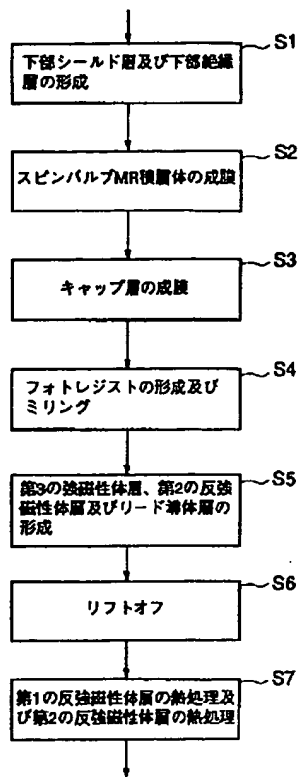
【図1】



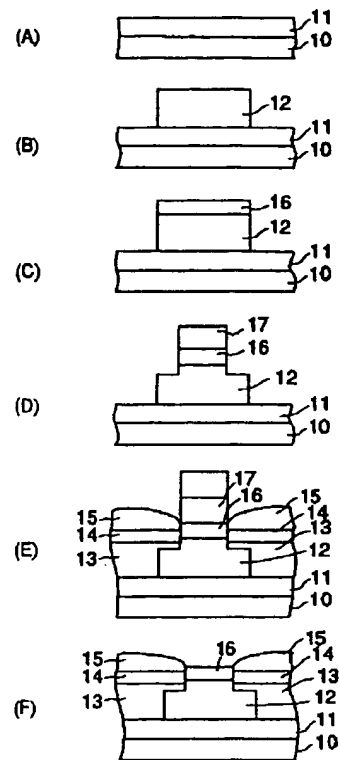
【図4】



【図2】



【図3】



【手続補正書】

【提出日】平成11年11月2日(1999.11.2)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0051

【補正方法】変更

【補正内容】

【0051】成膜直後にイオンミリングを行った場合、フリー層を4nm以上エッチングして初めて縦バイアス磁界が300e以上となる。縦バイアス磁界が300e以上となることは、前述したようにバルクハウゼンノイズ発生率が5%以下となることであるから、バルクハウゼンノイズ発生率を5%以下とし、オージェ強度比を10%以下とするには、フリー層を4nm以上エッチングする必要があることが分かる。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0108

【補正方法】変更

【補正内容】

【0108】キャップ層としてPtMnの単層膜を用いれば、実施例1のごとくTaの単層膜を用いた従来技術に比して、バルクハウゼンノイズ発生率を5%以下とするために必要となるミリング深さがより小さくなる。

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0170

【補正方法】変更

【補正内容】

【0170】成膜直後にイオンミリングを行った場合、フリー層のエッチングが3nm未満でも縦バイアス磁界が300e以下となる。縦バイアス磁界が300e以下となることは、前述したようにバルクハウゼンノイズ発生率が5%以下となることであるから、バルクハウゼンノイズ発生率を5%以下とするには、フリー層を3nm弱以上エッチングすればよいことが分かる。

フロントページの続き

(72)発明者 荒木 悟

東京都中央区日本橋一丁目13番1号ティー
ディーケイ株式会社内

Fターム(参考) 5D034 BA04 BA17 CA08 DA07